

# Оценка энергетических параметров при плазмохимическом синтезе в системе С-N

Васильева Юлия Захаровна

Национальный исследовательский Томский политехнический университет

Пак Александр Яковлевич

[yzv1@tpu.ru](mailto:yzv1@tpu.ru)

Контролируемый синтез ультрадисперсных материалов с заданными свойствами имеет важное значение для науки и техники [1]. При плазмохимическом синтезе применяют электродуговые реакторы различного типа: раздельного, совмещенного и раздельно-совмещенного [2]. Одним из главных достоинств таких реакторов является их высокая производительность, определяемая высокой скоростью протекания в них химических процессов. Для обеспечения заданных характеристик получаемого продукта необходимо контролировать параметры системы в процессе синтеза. Данная работа посвящена оценке энергетических параметров при плазмохимическом синтезе в системе углерод-азот.

Исследования проводились на лабораторном плазмохимическом реакторе постоянного тока совмещенного типа, основными элементами которого являются графитовые анод и катод. Исходная порошковая смесь, состоявшая из предварительно измельченных порошков графита и меламина, помещалась в полость катода. Изменения тока в разрядном контуре и напряжения на электродах фиксировались с помощью цифрового двухканального осциллографа непосредственно в процессе синтеза. На основании полученных данных был проведен анализ количества подведенной к системе энергии, фактического времени синтеза, а также изменения мощности.

Согласно зарегистрированным осциллограммам напряжения и тока, в начальный момент времени напряжение на электродах равно напряжению холостого хода источника питания и составляет  $U_{xx}=60$  В, ток в разрядном контуре равен нулю. Затем в момент инициирования разряда путем кратковременного соприкосновения электродов, значение тока мгновенно увеличивается до своего максимального значения  $I_{max}=156$  А, т.е. в разрядном контуре начинает протекать ток. В это же время наблюдается резкое падение напряжения до своего минимального значения  $U_{min}=6,2$  В. Далее в момент времени  $t=0,6$  с анод автоматически перемещается на величину  $\sim 0,5$  мм от дна катода для формирования разрядного промежутка и поддержания стабильного горения разряда. После чего значения тока и напряжения стабилизируются до величин  $I_{cp}=135$  А и  $U_{cp}=33$  В. Окончание горения разряда происходит в момент времени  $t=4,65$  с после отвода анода на достаточное от катода расстояние ( $\sim 15$  см). В этот момент напряжение восстанавливается до начального значения  $U_{xx}=60$  В, тогда как значение тока опускается до нуля.

Расчет мощности (1) и энергии (2) производился по следующим формулам:

$$p(t) = i(t) \cdot u(t), \quad (1)$$

где,  $i(t)$  и  $u(t)$  – ток и напряжение в момент времени  $t$ .

$$w = \int p(t) \cdot dt, \quad (2)$$

где,  $p(t)$  – мощность в момент времени  $t$ .

Расчетные данные показывают, что за время инициирования разряда мощность успевает выйти на среднюю величину в  $P_{cp}=1,85$  кВт, затем после установления разрядного промежутка среднее значение мощности составляет  $P_{cp}=3,46$  кВт. Мощность в свою очередь обеспечивает выделение энергии в системе, равное  $W=16,13$  кДж за 4,65 с. При этом удельный расход энергии составил 30 кДж/г продукта.

Таким образом, в данной работе выполнен анализ энергетических параметров системы при плазмохимическом синтезе в системе углерод-азот.

Список публикаций:

[1] Ma X., Li L., Zeng Z., et al. // *Chemical Engineering Journal*. 2019. V. 363. P. 49–56.

[2] Михайлов Б.И. // *Теплофизика и аэромеханика*. 2010. Т. 17, № 3. С. 425–440.